

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-121453

(43)Date of publication of application : 18.05.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/338

H01L 29/812

(21)Application number : 03-311826

(71)Applicant : ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 29.10.1991

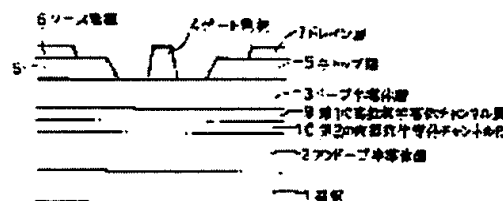
(72)Inventor : NAKAGAWA YOSHIKAZU

## (54) COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain the title semiconductor device having a structure in which the center of gravity of the electron distribution of a two-dimensional electron gas is hard to change by a method wherein a first high-resistance semiconductor channel layer whose electron affinity becomes gradually large is formed under a doped semiconductor layer and a second high-resistance semiconductor channel layer whose electron affinity becomes gradually small is formed under it.

**CONSTITUTION:** A compound semiconductor device is provided with the following: an undoped semiconductor layer 2; a doped semiconductor layer 3 which has been formed on it, whose electron affinity is smaller than that of the undoped semiconductor layer 2 and which has been doped with impurities; a gate electrode 4 formed on the doped semiconductor layer 3; a cap layer 5 formed on the doped semiconductor layer 3; and a source electrode 6 and a drain electrode 7 which have been formed respectively on the cap layer 5. In the compound semiconductor device, a first high-resistance semiconductor channel layer 9 whose electron affinity becomes gradually large is formed under the doped semiconductor layer 3, and a second high-resistance semiconductor layer 10 whose electron affinity becomes gradually small is formed under the first high-resistance semiconductor channel layer 9.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

Searching PAJ

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-121453

(43)公開日 平成5年(1993)5月18日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/338  
29/812

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7739-4M

H 0 1 L 29/ 80

H

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平3-311826

(22)出願日 平成3年(1991)10月29日

(71)出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72)発明者 中川 義和

京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株  
式会社内

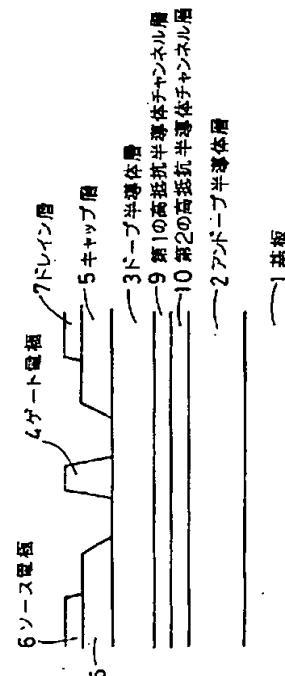
(74)代理人 弁理士 佐野 静夫

(54)【発明の名称】 化合物半導体装置

(57)【要約】

【目的】 上記電子分布の重心が変化しにくいHEMT構造の化合物半導体装置を提供する。

【構成】 アンダー半導体層2と、前記アンダー半導体層2上に形成され該アンダー半導体層2よりも電子親和力が小さく且つ不純物がドーパされたドーパ半導体層3と、前記ドーパ半導体層3上に形成されたゲート電極4と、前記ドーパ半導体層3上に形成されたキャップ層5と、前記キャップ層5上にそれぞれ形成されたソース電極6及びドレイン電極7と、を有する化合物半導体装置において、前記ドーパ半導体層3の下に電子親和力が徐々に大きくなる第1の高抵抗半導体チャンネル層9と、該第1の高抵抗半導体チャンネル層の下に電子親和力が徐々に小さくなる第2の高抵抗半導体チャンネル層10を設けた構成。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アンドープ半導体層と、前記アンドープ半導体層上に形成され該アンドープ半導体層よりも電子親和力が小さく且つ不純物がドーパされたドーパ半導体層と、前記ドーパ半導体層上に形成されたゲート電極と、前記ドーパ半導体層上に形成されたキャップ層と、前記キャップ層上にそれぞれ形成されたソース及びドレイン電極と、を有する化合物半導体装置において、前記ドーパ半導体層の下に電子親和力が徐々に大きくなる第1の高抵抗半導体チャンネル層と、該第1の高抵抗半導体チャンネル層の下に電子親和力が徐々に小さくなる第2の高抵抗半導体チャンネル層を設けたことを特徴とする化合物半導体装置。

【請求項2】 前記第1、第2の高抵抗半導体チャンネル層における電子親和力の変化は段階的であることを特徴とする請求項1に記載の化合物半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はHEMT (High Electron Mobility Transistor) 等の化合物半導体装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 ヘテロ接合界面に蓄積された2次元電子ガスを利用した電界効果トランジスタとしてHEMT構造が注目されている。このHEMT構造は図6に示すように基板1上にアンドープの半導体層2と、それより電子親和力が小さく、且つ不純物がドーパされたドーパ半導体層3と、その上に形成されたゲート電極4及びその両側のキャップ層5上に形成されたソース電極6及びドレイン電極7から構成されており、このHEMT構造では電子親和力の小さいドーパ半導体層3に添加されたドナー不純物は全てイオン化され、このイオン化により生じた電子が電子親和力の大きなアンドープ半導体層2とのヘテロ界面に蓄積され2次元電子ガス8を形成している。

【0003】 この2次元電子ガス8はゲート電極4に電圧を印加することにより制御することができ、これによりソース・ドレイン間に流れる電流を制御することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、2次元電子ガスの電子分布Dは実際には図7のエネルギーバンド図に示すように広がりをもった山型をなしている。図

(イ)はゲート電極4に電圧を印加しない不使用状態での電子分布を示しており、同図(ロ)はゲート電極4に或る負電圧を印加したときの電子分布を示している。これから分かるようにHEMTにおいて2次元電子ガスの電子分布Dは負電圧をゲート電極4にかけると広がりが増える山型となる。そして、その広がり具合は負電圧の大きさによって変わる。別の言葉でいえば、ゲート電

極4に印加される負電圧が大きくなれば、なるほど電子分布の重心Pはヘテロ界面から離れていってしまう。このため、特に低雑音HEMTのように電流を絞って(ゲート電極に負電圧を印加して)使用する場合に、電子の制御性が悪くなり、良好な低雑音特性が得られないという問題があった。本発明はこのような点に鑑みなされたものであって、上記電子分布の重心が変化しにくいHEMT構造の化合物半導体装置を提供することを目的とする。

## 10 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため本発明では、アンドープ半導体層と、前記アンドープ半導体層上に形成され該アンドープ半導体層よりも電子親和力が小さく且つ不純物がドーパされたドーパ半導体層と、前記ドーパ半導体層上に形成されたゲート電極と、前記ドーパ半導体層上に形成されたキャップ層と、前記キャップ層上にそれぞれ形成されたソース及びドレイン電極と、を有する化合物半導体装置において、前記ドーパ半導体層の下に電子親和力が徐々に大きくなる第1の高抵抗半導体チャンネル層と、該第1の高抵抗半導体チャンネル層の下に電子親和力が徐々に小さくなる第2の高抵抗半導体チャンネル層を設けた構成となっている。

## 【0006】

【作用】 このような構成によると、電子が蓄積される部分のエネルギーバンドがV字型の対称構造となり、蓄積された電子よりなる分布の重心はゲート電極に負電圧がかかってエネルギーバンドのポテンシャルが全体的に上がったとしてもその電子分布重心とヘテロ界面との距離は変化しない。よって、電子の制御性がよくなる。これに対し従来例ではヘテロ接合側で急峻であるためゲート電圧を変化させると基板1側のバンドだけが変化し、それによって電子分布Dも変化すると考えられる。

## 【0007】

【実施例】 本発明を実施した図1において、図6の従来例と同一の部分には同一の符号を付して重複説明を省略する。本実施例で特徴とするところは、ドーパ半導体層3とアンドープ半導体層2との間に、電子親和力が下方(アンドープ半導体層2側)に向けて徐々に大きくなる第1の高抵抗半導体チャンネル層9と、電子親和力が下方に向けて徐々に小さくなる第2の高抵抗半導体チャンネル層10を設けている点である。

【0008】 ここで、第1、第2の高抵抗半導体チャンネル層9、10の組成はいずれも $Al_x \cdot In_y \cdot Ga_{1-x-y} \cdot As$ であり、その各成分の割合は例えば図2、図3に示すように定める。尚、dは第1、第2の高抵抗半導体チャンネル層9、10の層厚の和である。d=0はドーパ半導体層3との界面、d=d3はアンドープ半導体層2との界面を表わす。

【0009】 図2はAlのモル比(x)であり、図3はInのモル比(y)である。そして、

3

0～d1では $Al_x \cdot Ga_{1-x} \cdot As$

d1～d3では $In_y \cdot Ga_{1-y} \cdot As$

d2ではInのモル比(y)が最大

となす。 $GaAs$ にAlが入るとエネルギーポテンシャルは高くなり、Inが入ると低くなる。従って、Inのモル比が最大となるd2は図5(a)に示すようにエネルギーバンド図ではV字型の部分の最小値となる。

【0010】このような第1、第2の高抵抗半導体チャンネル層9、10を設けることにより、全体的なエネルギーバンドは図4のようになり、ゲート電極4に電圧をかけない状態(図4(イ))と負電圧をかけた状態(図4(ロ))とで電子分布Dの重心Pは変わらない。そのため使用状態において、電子制御性がよく、低雑音化が図れる。尚、第1、第2の高抵抗半導体チャンネル層9、10を形成する場合に、それぞれ連続的に電子親和力を変化させることが製造上困難である場合には、V字型のバンドが図5(b)の如く段階的に変化するように形成してもよい。この方法は、各層9、10内で成分比が異なる複数の層を多数設けることを意味する。

【0011】尚、図1における他の層の組成を例示しておく、アンドープ半導体層は $GaAs$ 、ドープ半導体層3はn+の $AlGaAs$ 、キャップ層5はn+の $GaAs$ である。

【0012】

【発明の効果】以上説明したように本発明のHEMT構造の化合物半導体装置によれば、2次元電子ガスにお

4

る電子分布の重心がゲート電圧によって実質的に変化しないので、ゲート電圧による電子の制御性がよく、低雑音特性のもとで使用できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を実施したHEMT構造の化合物半導体装置の構造図。

【図2】 その要部の説明図。

【図3】 同じく要部の説明図。

【図4】 本実施例の化合物半導体装置のエネルギーバンド図。

【図5】 その一部の拡大図。

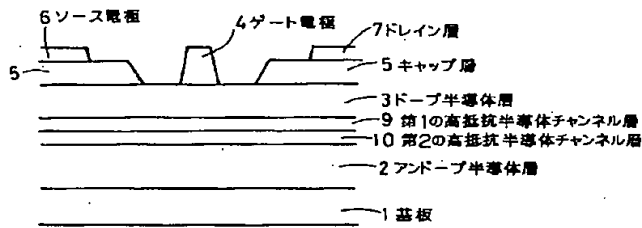
【図6】 従来例の構造図。

【図7】 そのエネルギーバンド図。

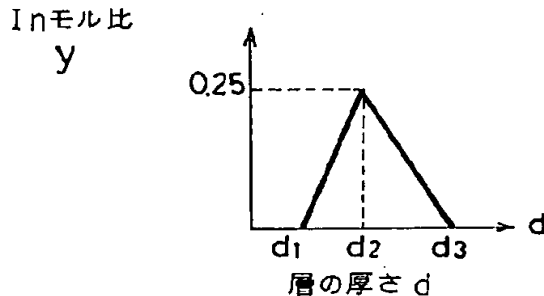
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 アンドープ半導体層
- 3 ドープ半導体層
- 4 ゲート電極
- 5 キャップ層
- 6 ソース電極
- 7 ドレイン電極
- 8 2次元電子ガス
- 9 第1の高抵抗半導体チャンネル層
- 10 第2の高抵抗半導体チャンネル層
- D 電子分布
- P 重心

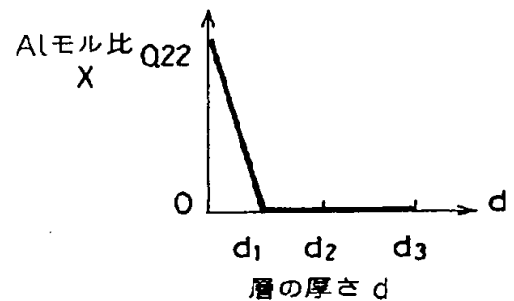
【図1】



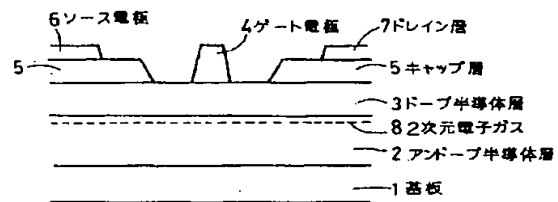
【図3】



【図2】



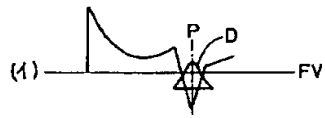
【図6】



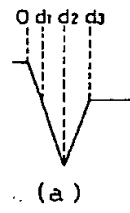
(4)

特開平5-121453

【図4】



【図5】



【図7】

